

PAT-NO: JP02003255180A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2003255180 A

TITLE: MICROLENS ARRAY COUPLING SYSTEM, AND MICROLENS ARRAY
AND
ITS MANUFACTURING METHOD

PUBN-DATE: September 10, 2003

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NAKAJIMA, TOSHIHIRO	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
YAMAHA CORP	N/A

APPL-NO: JP2002060491

APPL-DATE: March 6, 2002

INT-CL (IPC): G02B006/32, G02B003/00 , G02B007/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To tightly fix a microlens array to an end surface of an optical fiber lens array without contaminating any lens surface, etc.

SOLUTION: On an end surface of the optical fiber array 10 where end parts of optical fibers F

COPYRIGHT: (C)2003,JPO

DERWENT-ACC-NO: 2003-794406

DERWENT-WEEK: 200375

COPYRIGHT 2005 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Micro-lens array combined system fixes end face of
optical fiber array with main surface of microlens array
by soldering

PATENT-ASSIGNEE: YAMAHA CORP[NIHG]

PRIORITY-DATA: 2002JP-0060491 (March 6, 2002)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
JP 2003255180 A	September 10, 2003	N/A	012	G02B 006/32

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
JP2003255180A	N/A	2002JP-0060491	March 6, 2002

INT-CL (IPC): G02B003/00, G02B006/32 , G02B007/00

ABSTRACTED-PUB-NO: JP2003255180A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - A microlens array (20) has lens (L11 - L41) which emit light from optical fibers (F11 - F41). A step portion (14) is provided at the end face with which the edge portion of fiber is exposed along an edge. The solder base layers (18,28) are connected by solder layer (30), so that the main surface of micro-lens array is fixed to the end face of optical fiber array (10).

DETAILED DESCRIPTION - INDEPENDENT CLAIMS are also included for the following:

- (1) microlens array; and
- (2) microlens array preparation method.

USE - For combining micro-lens array (claimed) with fiber optical array.

ADVANTAGE - Since the micro-lens array is firmly fixed to the end face of optical fiber array by soldering, the long term reliability is ensured.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows a sectional view of the micro-lens array combined system. (Drawing includes non- English language text).

optical fiber array 10

solder base layers 18,28

micro-lens array 20

solder layer 30

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/27

TITLE-TERMS: MICRO LENS ARRAY COMBINATION SYSTEM FIX END FACE OPTICAL
ARRAY

MAIN SURFACE ARRAY SOLDER

DERWENT-CLASS: P81 V04 V07

EPI-CODES: V04-R04A5A; V07-F01A1C; V07-G04; V07-G10D;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2003-636758

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-255180

(P2003-255180A)

(43)公開日 平成15年9月10日(2003.9.10)

(51)Int.Cl.

識別記号

FI

テマコード(参考)

G02B 6/32

G02B 6/32

2H037

3/00

3/00

A 2H043

7/00

7/00

F

審査請求 未請求 請求項の数9 OL (全12頁)

(21)出願番号 特願2002-60491(P2002-60491)

(22)出願日 平成14年3月6日(2002.3.6)

(71)出願人 000004075

ヤマハ株式会社

静岡県浜松市中沢町10番1号

(72)発明者 中嶋 敏博

静岡県浜松市中沢町10番1号ヤマハ株式会社内

(74)代理人 100075074

弁理士 伊沢 敏昭

Fターム(参考) 2H037 BA03 BA05 BA12 BA14 BA23

BA32 CA12

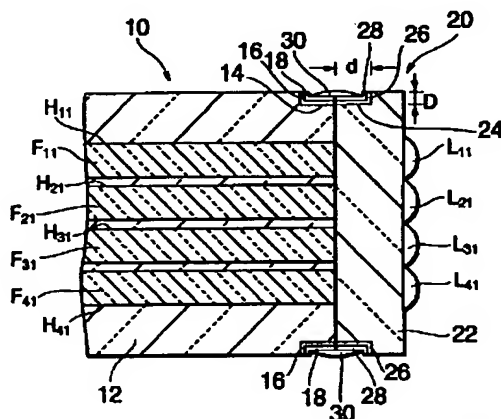
2H043 AED2 AED4 AE23

(54)【発明の名称】 マイクロレンズアレイ結合系及びマイクロレンズアレイとその製法

(57)【要約】

【課題】 光ファイバアレイの端面にマイクロレンズアレイをレンズ面等の汚染なしに強固に固定する。

【解決手段】 光ファイバアレイ10において光ファイバF₁₁～F₄₁の端部が露呈される端面には、縁部に沿って段差部14を設ける。光ファイバF₁₁～F₄₁からの光を射出するレンズL₁₁～L₄₁を有するマイクロレンズアレイ20において一方の主面には、縁部に沿って段差部24を設ける。段差部14、24は、いずれも深さDが0.1mm程度であり、それぞれ密着層16、26を介して半田下地層18、28が形成されている。光ファイバF₁₁～F₄₁の端部とレンズL₁₁～L₄₁とをそれぞれ対向させると共に段差部14、24を互いに連続させるようにしてアレイ10の端面にアレイ20の一方の主面を接触させた状態で半田層30により半田下地層18、28を連結してアレイ10の端面にアレイ20を固定する。



10:光ファイバアレイ

12:ホルダ

F₁₁～F₄₁:光ファイバ

14,24:段差部

16,26:密着層

18,28:半田下地層

20:マイクロレンズアレイ

22:透光板

L₁₁～L₄₁:平凸レンズ

30:半田層

【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の光ファイバを有すると共に各光ファイバの端部を端面に露呈した光ファイバアレイであって、前記端面又はその縁部には半田付け部位が定められたものと、

前記光ファイバアレイの端面に一方の主面を接触させて配置される板状のマイクロレンズアレイであって、前記複数の光ファイバから前記一方の主面に入射する光を他方の主面からそれぞれ射出するように複数のレンズが形成され、前記一方の主面の縁部には前記半田付け部位に

対応して半田付け用の段差部が形成されたものと、

前記段差部の底部に形成された半田下地層と、

前記複数の光ファイバの端部と前記複数のレンズとをそれぞれ対向させるようにして前記光ファイバアレイの端面に前記マイクロレンズアレイの一方の主面を接触させた状態で前記半田下地層を前記半田付け部位に連結して前記マイクロレンズアレイを前記光ファイバアレイの端面に固定する半田層とを備えたマイクロレンズアレイ結合系。

【請求項2】 光ファイバアレイの端面に固定して使用される板状のマイクロレンズアレイであって、前記光ファイバアレイの端面に露呈した複数の光ファイバから一方の主面に入射する光を他方の主面からそれぞれ射出するように複数のレンズが形成され、前記一方の主面の縁部には前記光ファイバアレイの端面又はその縁部に定められた半田付け部位に対応して半田付け用の段差部が形成され、前記段差部の底部には半田下地層が形成されたマイクロレンズアレイ。

【請求項3】複数のレンズが並設された透光性の基板を用意する工程と、

前記基板の一方の主面を覆ってリフトオフ用のレジスト層を形成する工程と、

前記複数のレンズを有する状態で前記基板から分離すべきマイクロレンズアレイ領域を取囲むように前記レジスト層を介して前記一方の主面に分離溝を形成する工程と、

前記分離溝及び前記レジスト層を覆ってメッキ下地層を形成する工程と、

前記メッキ下地層において前記レジスト層に付着した部分を前記レジスト層と共に除去し且つ前記分離溝内に前記メッキ下地層を残存させる工程と、

前記分離溝内に残存するメッキ下地層に重ねて半田下地層をメッキ処理により形成する工程と、

前記マイクロレンズアレイ領域の縁部に沿って前記分離溝の側壁に前記メッキ下地層及び前記半田下地層を残存させるように前記マイクロレンズアレイ領域の縁部に沿い且つ前記分離溝を通して前記基板を切断することにより前記マイクロレンズアレイ領域を切断に係る分離溝の底部及び側壁からなる段差部に前記メッキ下地層の残存部及び前記半田下地層の残存部を有する状態でマイクロ

レンズアレイとして前記基板から分離する工程とを含むマイクロレンズアレイの製法。

【請求項4】複数の光ファイバを有すると共に各光ファイバの端部を端面に露呈した光ファイバアレイであって、前記端面又はその縁部には半田付け部位が定められたものと、

前記光ファイバアレイの端面に一方の主面を対向させて配置される板状のマイクロレンズアレイであって、前記複数の光ファイバから前記一方の主面に入射する光を他方の主面からそれぞれ射出するように複数のレンズが形成され、前記一方の主面には半田付け可能な突出部が前記半田付け部位に対応して形成されたものと、

前記複数の光ファイバの端部と前記複数のレンズとをそれぞれ対向させるようにして前記光ファイバアレイの端面に前記マイクロレンズアレイの一方の主面を対向させた状態で前記半田付け部位と前記突出部とを連結して前記光ファイバアレイの端面に前記マイクロレンズアレイを固定する半田層とを備えたマイクロレンズアレイ結合系。

【請求項5】 前記半田付け部位には半田付け可能なガイドピンが設けられると共に前記突出部には前記ガイドピンが嵌合する嵌合孔が設けられ、前記ガイドピンを前記嵌合孔に嵌合した状態で前記半田層により前記ガイドピンと前記突出部とを連結した請求項4記載のマイクロレンズアレイ結合系。

【請求項6】 前記光ファイバアレイの端面と前記マイクロレンズアレイの一方の主面との間に透光性の接着層を介在配置して前記光ファイバアレイの端面と前記マイクロレンズアレイの一方の主面とを接着した請求項4又は5記載のマイクロレンズアレイ結合系。

【請求項7】 光ファイバアレイの端面に固定して使用される板状のマイクロレンズアレイであって、前記光ファイバアレイの端面に露呈した複数の光ファイバから一方の主面に入射する光を他方の主面からそれぞれ射出するように複数のレンズが形成され、前記一方の主面には半田付け可能な突出部が前記光ファイバアレイの端面又はその縁部に定められた半田付け部位に対応して形成されたマイクロレンズアレイ。

【請求項8】 前記突出部には前記半田付け部位に設けられた半田付け可能なガイドピンが嵌合する嵌合孔が設けられた請求項7記載のマイクロレンズアレイ。

【請求項9】複数のレンズが並設された透光板を一方の主面が露呈した状態で保持する基板を用意する工程と、前記透光板の一方の主面を覆ってメッキ下地層を形成する工程と、

前記メッキ下地層において所定の突出部形成位置を露呈するように前記メッキ下地層を覆ってレジスト層を形成する工程と、

前記レジスト層をマスクとする選択メッキ処理により半田付け可能な金属からなる突出部を前記メッキ下地層の

突出部形成位置に形成する工程と、
前記レジスト層を除去した後、前記メッキ下地層において少なくとも前記複数のレンズに重なる部分を除去し且つ少なくとも前記突出部の下に位置する部分を残存させる工程と、
前記透光板を前記複数のレンズと前記突出部と前記メッキ下地層の残存部とを有する状態でマイクロレンズアレイとして前記基板から分離する工程とを含むマイクロレンズアレイの製法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、光ファイバアレイの端面にマイクロレンズアレイを結合する技術に関し、更に詳しくはマイクロレンズアレイ結合系及びマイクロレンズアレイとその製法とに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、光ファイバアレイの射出光をアレイ状にコリメート（平行光化）したり、光導波路に導入したりする際には、光ファイバアレイの端面にマイクロレンズアレイを透光性接着剤により接着する方法が採用

されていた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記した従来技術によると、接着剤が温度等の環境の変化により劣化しやすいため、長期の信頼性が低いという問題点がある。

【0004】この発明の目的は、長期の信頼性を確保することができる新規なマイクロレンズアレイ結合系を提供すると共に、このマイクロレンズアレイ結合系に用いるマイクロレンズアレイとその製法を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】この発明に係る第1のマイクロレンズアレイ結合系は、複数の光ファイバを有すると共に各光ファイバの端部を端面に露呈した光ファイバアレイであって、前記端面又はその縁部には半田付け部位が定められたものと、前記光ファイバアレイの端面に一方の主面を接触させて配置される板状のマイクロレンズアレイであって、前記複数の光ファイバから前記一方の主面に入射する光を他方の主面からそれぞれ射出するように複数のレンズが形成され、前記一方の主面の縁部には前記半田付け部位に対応して半田付け用の段差部が形成されたものと、前記段差部の底部に形成された半田下地層と、前記複数の光ファイバの端部と前記複数のレンズとをそれぞれ対向させるようにして前記光ファイバアレイの端面に前記マイクロレンズアレイの一方の主面を接触させた状態で前記半田下地層を前記半田付け部位に連結して前記マイクロレンズアレイを前記光ファイバアレイの端面に固定する半田層とを備えたものである。

【0006】第1のマイクロレンズアレイ結合系によれ

ば、光ファイバアレイの端面に板状のマイクロレンズアレイを半田付けにより固定するので、環境の変化に対して強固な固定が可能であり、長期の信頼性を確保することができる。また、板状のマイクロレンズアレイにおいて、一方の主面の縁部に半田付け用の段差部を形成すると共にこの段差部の底部に半田下地層を形成したので、半田付けの際には、半田が段差部の外に流出するのを防止することができ、流出半田によりレンズ面等が汚染されることもなくなる。

10 【0007】この発明に係る第1のマイクロレンズアレイは、光ファイバアレイの端面に固定して使用される板状のマイクロレンズアレイであって、前記光ファイバアレイの端面に露呈した複数の光ファイバから一方の主面に入射する光を他方の主面からそれぞれ射出するように複数のレンズが形成され、前記一方の主面の縁部には前記光ファイバアレイの端面又はその縁部に定められた半田付け部位に対応して半田付け用の段差部が形成され、前記段差部の底部には半田下地層が形成されたものである。

20 【0008】第1のマイクロレンズアレイを用いると、前述の第1のマイクロレンズアレイ結合系を簡単に構成することができる。すなわち、複数の光ファイバの端部と複数のレンズとをそれぞれ対向させるようにして光ファイバアレイの端面に第1のマイクロレンズアレイの一方の主面を接触させた状態で半田層により半田下地層を半田付け部位に連結すると、第1のマイクロレンズアレイを光ファイバアレイの端面に強固に固定することができる。

30 【0009】この発明に係る第1のマイクロレンズアレイの製法は、複数のレンズが並設された透光性の基板を用意する工程と、前記基板の一方の主面を覆ってリフトオフ用のレジスト層を形成する工程と、前記複数のレンズを有する状態で前記基板から分離すべきマイクロレンズアレイ領域を取囲むように前記レジスト層を介して前記一方の主面に分離溝を形成する工程と、前記分離溝及び前記レジスト層を覆ってメッキ下地層を形成する工程と、前記メッキ下地層において前記レジスト層に付着した部分を前記レジスト層と共に除去し且つ前記分離溝内に前記メッキ下地層を残存させる工程と、前記分離溝内に残存するメッキ下地層に重ねて半田下地層をメッキ処理により形成する工程と、前記マイクロレンズアレイ領域の縁部に沿って前記分離溝の側壁に前記メッキ下地層及び前記半田下地層を残存させるように前記マイクロレンズアレイ領域の縁部に沿い且つ前記分離溝を通して前記基板を切断することにより前記マイクロレンズアレイ領域を切断に係る分離溝の底部及び側壁からなる段差部に前記メッキ下地層の残存部及び前記半田下地層の残存部を有する状態でマイクロレンズアレイとして前記基板から分離する工程とを含むものである。

50 【0010】第1のマイクロレンズアレイの製法によれ

ば、前述の第1のマイクロレンズアレイを簡単に製作することができる。また、マイクロレンズアレイを基板から分離する前にウエハ状態において分離溝内にメッキ処理により半田下地層を形成し、分離溝に沿って基板を切断することで半田下地層を有する段差部をマイクロレンズアレイの縁部に形成するので、基板から分離したマイクロレンズアレイの縁部に段差部や半田下地層を形成する場合に比べて段差部や半田下地層の形成精度が向上すると共に作業が簡単となり、歩留りの向上及びコスト低減が可能になる。

【0011】この発明に係る第2のマイクロレンズアレイ結合系は、複数の光ファイバを有すると共に各光ファイバの端部を端面に露呈した光ファイバアレイであって、前記端面又はその縁部には半田付け部位が定められたものと、前記光ファイバアレイの端面に一方の主面を対向させて配置される板状のマイクロレンズアレイであって、前記複数の光ファイバから前記一方の主面に入射する光を他方の主面からそれぞれ射出するように複数のレンズが形成され、前記一方の主面には半田付け可能な突出部が前記半田付け部位に対応して形成されたものと、前記複数の光ファイバの端部と前記複数のレンズとをそれぞれ対向させるようにして前記光ファイバアレイの端面に前記マイクロレンズアレイの一方の主面を対向させた状態で前記半田付け部位と前記突出部とを連結して前記光ファイバアレイの端面に前記マイクロレンズアレイを固定する半田層とを備えたものである。

【0012】第2のマイクロレンズアレイ結合系によれば、光ファイバアレイの端面に板状のマイクロレンズアレイを半田付けにより固定するので、環境の変化に対して強固な固定が可能であり、長期の信頼性を確保することができる。また、光ファイバアレイの端面とマイクロレンズアレイの一方の主面との間の距離は、突出部の高さに依存するので、突出部の高さを適宜設定することで最適化することができる。

【0013】第2のマイクロレンズアレイ結合系において、前記半田付け部位には半田付け可能なガイドピンが設けられると共に前記突出部には前記ガイドピンが嵌合する嵌合孔が設けられ、前記ガイドピンを前記嵌合孔に嵌合した状態で前記半田層により前記ガイドピンと前記突出部とを連結した構成としてもよい。このようにすると、光ファイバアレイの端面におけるマイクロレンズアレイの位置決め精度が向上する。また、第2のマイクロレンズアレイ結合系において、前記光ファイバアレイの端面と前記マイクロレンズアレイの一方の主面との間に透光性の接着層を介在配置して前記光ファイバアレイの端面と前記マイクロレンズアレイの一方の主面とを接着した構成としてもよい。このようにすると、マイクロレンズアレイの固定強度が接着層によって強化される。また、接着層の屈折率を光ファイバ及びレンズと一致又は近似させることで光ファイバとレンズ間の光結合効率が

向上する。

【0014】この発明に係る第2のマイクロレンズアレイは、光ファイバアレイの端面に固定して使用される板状のマイクロレンズアレイであって、前記光ファイバアレイの端面に露呈した複数の光ファイバから一方の主面に入射する光を他方の主面からそれぞれ射出するように複数のレンズが形成され、前記一方の主面には半田付け可能な突出部が前記光ファイバアレイの端面又はその縁部に定められた半田付け部位に対応して形成されたものである。

【0015】第2のマイクロレンズアレイを用いると、前述の第2のマイクロレンズアレイ結合系を簡単に構成することができる。すなわち、複数の光ファイバの端部と複数のレンズとをそれぞれ対向させるようにして光ファイバアレイの端面に第2のマイクロレンズアレイの一方の主面を対向させた状態で半田層により突出部を半田付け部位に連結すると、第2のマイクロレンズアレイを光ファイバアレイの端面に強固に固定することができる。

【0016】第2のマイクロレンズアレイにおいて、前記突出部には前記半田付け部位に設けられた半田付け可能なガイドピンが嵌合する嵌合孔が設けられた構成としてもよい。このようにすると、光ファイバアレイの端面におけるマイクロレンズアレイの位置決め精度が向上する。

【0017】この発明に係る第2のマイクロレンズアレイの製法は、複数のレンズが並設された透光板を一方の主面が露呈した状態で保持する基板を用意する工程と、前記透光板の一方の主面を覆ってメッキ下地層を形成する工程と、前記メッキ下地層において所定の突出部形成位置を露呈するように前記メッキ下地層を覆ってレジスト層を形成する工程と、前記レジスト層をマスクとする選択メッキ処理により半田付け可能な金属からなる突出部を前記メッキ下地層の突出部形成位置に形成する工程と、前記レジスト層を除去した後、前記メッキ下地層において少なくとも前記複数のレンズに重なる部分を除去し且つ少なくとも前記突出部の下に位置する部分を残存させる工程と、前記透光板を前記複数のレンズと前記突出部と前記メッキ下地層の残存部とを有する状態でマイクロレンズアレイとして前記基板から分離する工程とを含むものである。

【0018】第2のマイクロレンズアレイの製法によれば、前述の第2のマイクロレンズアレイを簡単に製作することができる。また、マイクロレンズアレイを基板から分離する前にウエハ状態においてメッキ処理により半田付け可能な突出部を形成するので、基板から分離したマイクロレンズアレイに突出部を形成する場合に比べて突出部の形成精度が向上すると共に作業が簡単となり、歩留りの向上及びコスト低減が可能になる。

【0019】

10

20

30

40

50

【発明の実施の形態】図1は、この発明の一実施形態に係るマイクロレンズアレイ結合系を示すもので、この結合系は、光ファイバアレイ10の端面に板状のマイクロレンズアレイ20を半田付けにより固定した構成になっている。図2には、光ファイバアレイ10の端面図を示し、図3には、マイクロレンズアレイ20の前面図を示す。図1は、図2、3のA-A'線に沿う断面に対応する。

【0020】光ファイバアレイ10は、図1、2に示すように行列状に形成された保持孔 $H_{11} \sim H_{44}$ を有する四角柱状のホルダ12と、保持孔 $H_{11} \sim H_{44}$ 内にそれぞれ挿入されてホルダ12により保持された光ファイバ $F_{11} \sim F_{44}$ とにより構成されたもので、方形形状の端面には、光ファイバ $F_{11} \sim F_{44}$ の端部が露呈している。ホルダ12は、一例としてジルコニア等のセラミックからなるもので、端面の縁部には該端面の縁部を外周に沿ってホルダ外形からへこませた形の段差部14が設けられている。

【0021】段差部14の底部には、密着層16を介して半田下地層18が形成されている。密着層16は、ホルダ12に対する半田下地層18の密着性を向上させるために設けられたもので、一例としてTi層にNi-Fe合金層を重ねた積層が用いられる。半田下地層18としては、例えばPt層にAu層を重ねた積層が用いられる。段差部14において、端面に平行な方向の深さは、0.1mm程度とし、端面に直角な方向の深さは、0.5mm程度とすることができる。

【0022】マイクロレンズアレイ20は、図1、3に示すようにホルダ12の端面形状に対応した方形形状の石英板からなる透光板22と、光ファイバ $F_{11} \sim F_{44}$ から透光板22の一方の主面に入射する光を透光板22の他方の主面からそれぞれ射出するように透光板22に形成された平凸レンズ $L_{11} \sim L_{44}$ とにより構成されたもので、一方の主面の縁部には該一方の主面の縁部を外周に沿って透光板外形からへこませた形の段差部24が設けられている。

【0023】段差部24の底部には、密着層26を介して半田下地層28が形成されている。密着層26は、透光板22に対する半田下地層28の密着性を向上させるために設けられたもので、一例としてTi層にFe-Ni合金層を重ねた積層が用いられる。半田下地層28としては、例えばPt層にAu層を重ねた積層が用いられる。段差部24において、一方の主面に平行な方向の深さDは、0.1mm程度とし、一方の主面に直角な方向の深さdは、0.5mm程度とすることができる。

【0024】光ファイバアレイ10の端面にマイクロレンズアレイ20を固定する際には、光ファイバ $F_{11} \sim F_{44}$ の端部とレンズ $L_{11} \sim L_{44}$ とをそれぞれ対向させると共に段差部14、24を互いに連続させるようにして光ファイバアレイ10の端面に透光板22の一方

の主面を接触させた状態で半田層30により半田下地層18、28を互いに連結する。半田層30を構成する半田が流動状態にあるとき、流動半田が段差部14又は24の外部に流出しようとしても、段差部14又は24の側壁でせき止められ、流出を阻止される。従って、レンズ $L_{11} \sim L_{44}$ 等が流出半田によって汚染されるのを防止することができる。

【0025】図1～3に示したマイクロレンズアレイ結合系によれば、光ファイバアレイ10の端面にマイクロレンズアレイ20を半田付けにより強固に固定することができ、長期の信頼性を確保することができる。F₁₁等の各光ファイバからの光は、L₁₁等の対応するレンズを介してコリメート光として射出される。L₁₁等の各レンズから射出される光は、図14に関して後述するように光導波路に導入するようにしてもよい。

【0026】図1～3に示したマイクロレンズアレイ結合系において、透光板22には、平凸レンズ $L_{11} \sim L_{44}$ の代りに、 $L_{11} \sim L_{44}$ の位置にそれぞれ凹レンズを形成してもよい。また、ホルダ12は、Ni-Fe合金等の半田付け可能な金属で構成してもよく、この場合には、段差部14を省略し、光ファイバアレイ10の端面又はその縁部に設けた半田付け部位（例えば半田付け用の凹部等）に半田下地層28を半田層30で半田付けしてもよい。なお、段差部14又は24は、棒状のものを1つ設けるのではなく、複数のものを分散して設けてもよい。

【0027】次に、図4～12を参照して上記したようなマイクロレンズアレイの製法を説明する。

【0028】図4の工程では、石英基板40の一方の面にレジスト群42A、42Bをホトリソグラフィ処理により形成する。レジスト群42Aは、所望の4個のレンズにそれぞれ対応する4個のレジスト層S₁～S₄を含むもので、レジスト層42Bも、同様にして4個のレジスト層を含んでいる。

【0029】図5の工程では、レジスト群42A、42Bに熱処理を施して各レジスト層をリフローさせ、平凸レンズ状の形状とする。そして、図6の工程では、RIE (Reactive Ion Etching)、ICP (Inductive Coupled Plasma) 又はNLD (Neutral Loop Discharge) 等のドライエッチング処理をレジスト群42A、42B及び石英基板40に施して各レジスト層の形状を基板40の表面に転写することにより石英基板40の一方の面にレジスト群42A、42Bにそれぞれ対応するレンズ群La、Lbを形成する。レンズ群Laは、レジスト層S₁～S₄にそれぞれ対応する4個の平凸レンズ $L_{11} \sim L_{44}$ を含むもので、レンズ群Lbも、同様にして4個の平凸レンズを含んでいる。

【0030】この後、基板40のレンズ形成面とは反対側の面40Kに研磨処理を施し、基板40を所望の厚さ（例えば1mm程度）とする。図6に示したように所望

の厚さを有する基板40を用意するための別の方法としては、次のような方法を用いてもよい。すなわち、所望の厚さを有するように研磨された石英薄板(透光板)を、石英又は金属からなる保持基板の表面に接着した後、石英薄板に図4〜6に関して前述したような処理を施してレンズ群L_a、L_bを形成する。そして、接着剤を溶かすことによりレンズ群L_a、L_bを有する石英薄板を保持基板から分離する。なお、保持基板としては、剥離可能な樹脂基板を用いてもよい。

【0031】次に、図7の工程では、石英基板40を裏返しにして基板40の他方の面にリフトオフ用のレジスト層44を形成する。そして、図8の工程では、レンズ群L_a、L_bをそれぞれ有する状態で基板40から分離すべき第1及び第2のマイクロレンズアレイ領域を取囲むようにレジスト層44を介して基板40の他方の面にダイシングブレード46により分離溝48を形成する。分離溝48の深さは、基板40の厚さの半分程度とし、例えば0.5mmとすることができる。

【0032】図9の工程では、基板40の他方の面にレジスト層44及び分離溝48を覆ってメッキ下地層50を形成する。メッキ下地層50としては、厚さ20nmのTi層に厚さ100nmのNi-Fe合金層を重ねた積層をスパッタ法により形成することができる。

【0033】図10の工程では、リフトオフ処理を行ない、メッキ下地層50においてレジスト層44に付着した部分をレジスト層44と共に除去し且つ分離溝48内にメッキ下地層50を残存させる。そして、図11の工程では、残存するメッキ下地層50に通電してメッキ処理を行ない、分離溝48内でメッキ下地層50を覆うように半田下地層52を形成する。半田下地層52としては、厚さ1μmのPt層に厚さ4μmのAu層を重ねた積層を形成することができる。

【0034】図12の工程では、図8の工程で用いたダイシングブレード46より幅が狭いダイシングブレード54を用いて基板40を分離溝48に沿って切断して複数の部分40A、40Bに分割することにより第1及び第2のマイクロレンズアレイ領域をマイクロレンズアレイ56A、56Bとして基板40から分離する。このときの切断は、各マイクロレンズアレイ領域の縁部に沿って分離溝48の側壁にメッキ下地層50及び半田下地層52を残存させるように行なう。この結果、マイクロレンズアレイ56Aは、切断に係る基板部分40Aにおいて分離溝48の底部及び側壁からなる段差部にメッキ下地層50の残存部50a及び半田下地層52の残存部52aを有する状態で得られ、マイクロレンズアレイ56Bは、切断に係る基板部分40Bにおいて分離溝48の底部及び側壁からなる段差部にメッキ下地層50の残存部50b及び半田下地層52の残存部52bを有する状態で得られる。

【0035】上記したマイクロレンズアレイの製法によ

れば、図1、3に示したようなマイクロレンズアレイを簡単且つ精度よく製作することができる。すなわち、基板から分離した個々のマイクロレンズアレイの側部に段差部形成処理、メッキ下地層形成処理、半田下地層形成処理等を施すのは、処理が煩雑になると共に精度が低下するのを免れないが、図4〜12に関して上記した製法では、これらの処理をウエハ状態で薄膜プロセスにより実行するので、製造歩留りが向上すると共にコスト低減を達成することができる。

【0036】図13、14は、この発明の他の実施形態に係るマイクロレンズアレイ結合系を示すもので、図13は組立て前の状態を、図14は組立て後の状態をそれぞれ示す。

【0037】光ファイバアレイ10は、一例として図1のH₁₁、H₂₁、H₃₁、H₄₁にそれぞれ対応する4つの保持孔をホルダ12内に並設したもので、ホルダ12では、光ファイバテープ11から導出した4本の光ファイバをそれぞれ4つの保持孔に挿入して保持するようになっている。各光ファイバの端部は、図1に示したと同様に光ファイバアレイ10の端面に露呈している。光ファイバアレイ10の端面には、4本の光ファイバに対してマイクロレンズアレイ60を位置決めするためのガイドピン10a、10bが設けられている。各ガイドピンは、一例として直径1mmのステンレススチールからなっている。

【0038】マイクロレンズアレイ60は、図13、図15(A)に示すようにホルダ12の端面形状に対応した長方形の石英板からなる透光板62と、4本の光ファイバから透光板62の一方の主面に入射する光を透光板62の他方の主面からそれぞれ射出するように透光板62に形成された凹レンズR₁〜R₄とにより構成されたもので、透光板62の一方の主面には、ガイドピン10a、10bにそれぞれ対応して半田付け可能な突出部64a、64bが設けられている。図13に示すマイクロレンズアレイ60の断面は、図15(A)のA-A'線断面に対応する。

【0039】突出部64a、64bには、ガイドピン10a、10bをそれぞれ嵌合させるための嵌合孔66a、66bが設けられている。各突出部は、一例としてNi-Fe合金からなるもので、後述するように選択メッキ処理等により形成可能である。

【0040】光導波路68は、図13、図15(B)に示すように下クラッド70の上に互いに平行な4本のコアC₁〜C₄を介して上クラッド72を形成した構成になっている。図13に示す光導波路68の断面は、図15(B)のB-B'線断面に対応する。コアC₁〜C₄は、マイクロレンズアレイ60のレンズR₁〜R₄からそれぞれ受光するように配置されている。

【0041】光ファイバアレイ10の端面にマイクロレンズアレイ60を固定する際には、図14に示すように

アレイ10の4本の光ファイバの端部とレンズ $R_1 \sim R_4$ とをそれぞれ対向させるようにしてガイドピン10a, 10bを突出部64a, 64bの嵌合孔66a, 66bにそれぞれ嵌合させる。このような嵌合状態において、ガイドピン10aと突出部64aとを半田層74aにより連結すると共に、ガイドピン10bと突出部64bとを半田層74bにより連結する。

【0042】次に、アレイ10の端面と透光板62との間に透光性の接着剤を充填して硬化させることにより接着層76によりアレイ10の端面にマイクロレンズアレ

イ60を接着する。半田層74a, 74bに加えて接着層76により固定を行なうので、強固な固定が可能である。また、アレイ10の光ファイバコアの屈折率を n_1 とし、透光板62の屈折率を n_2 とし、接着層76の屈折率を n_3 とすると、接着層76として n_3 が n_1 及び n_2 と一致又は近似したものをを用いることでアレイ10とアレイ60との間の光結合効率を向上させることができる。

【0043】この後、マイクロレンズアレイ60を光導波路68の端面に接着層78により接着し、固定する。このとき、接着層78としては、その屈折率 n_4 が n_3 より大きい($n_4 > n_3$)ものをを用いると、光導波路68の各コアに光が集束して入射するので好ましい。

【0044】次に、図16を参照して図14のマイクロレンズアレイ結合系の動作を説明する。一例として、前述の屈折率 $n_1 \sim n_4$ を、 $n_1 = n_2 = n_3 = 1.46$ 、 $n_4 = 1.72$ とすると、ホルダ12で保持された光ファイバFからの光は、接着層76を介してレンズ R_1 に低損失で入射し、レンズ R_1 から接着層78を介して集束してクラッド72内のコア C_1 に入射する。この結果、アレイ10及びアレイ60間の光損失を低減できると共にアレイ60及び光導波路68間の光損失を低減できる。

【0045】図13～15に示したマイクロレンズアレイ結合系によれば、光ファイバアレイ10の端面に半田層74a, 74b及び接着層76によりマイクロレンズアレイ60を強固に固定することができ、長期の信頼性を確保することができる。また、アレイ10とアレイ60との間の光結合効率と、アレイ60と光導波路68との間の光結合効率とを向上させることができる。なお、アレイ60からの光は、光導波路68に限らず、複数の光検出素子を有する光検出アレイ等に入射させるようにしてもよい。

【0046】図13～15に示したマイクロレンズアレイ結合系において、光ファイバアレイ10の端面とマイクロレンズアレイ60との間の距離は、ガイドピン10a, 10bの長さ、突出部64a, 64bの高さ(又は嵌合孔66a, 66bの深さ)とに依存するので、これらのパラメータを適宜設定することでアレイ10-アレイ60間の距離を最適化することができる。図13～

15に示した実施形態では、突出部64a, 64bをガイドピン10a, 10bにそれぞれ係合させるようにしたが、突出部64a, 64bは、アレイ10の端面又はその縁部に設けた半田付け部位(例えば半田付け用凹部等)に係合させた状態で半田付けを行なうようにしてもよい。この場合、嵌合孔66a, 66bを省略することができる。

【0047】次に、図17～25を参照して図13～15に示したようなマイクロレンズアレイの製法を説明する。

【0048】図17の工程では、例えば石英からなる基板80の一方の面にレジスト群82をホトリソグラフィ処理により形成する。レジスト群82は、所望の4個のレンズにそれぞれ対応する4個のレジスト層 $S_{11} \sim S_{14}$ を含んでいる。

【0049】図18の工程では、レジスト群82に熱処理を施して各レジスト層をリフローさせ、平凸レンズ状の形状とする。そして、図19の工程では、基板80の一方の面にレジスト群82を覆ってスパッタ法により密着層84及び犠牲層86を順次に形成する。密着層84は、基板80に対する犠牲層86の密着性を向上させるために設けられたもので、密着層84としては、厚さ20nmのCr層を形成することができる。犠牲層86は、最終的に除去されるもので、犠牲層86としては、厚さ150nmのCu層を形成することができる。

【0050】図20の工程では、犠牲層86を覆ってスパッタ法により SiO_2 からなる透光板88を形成すると共に、透光板88にはレジスト層 $S_{11} \sim S_{14}$ にそれぞれ対応する凹レンズ $R_1 \sim R_4$ を含むレンズ群Rを形成する。マイクロレンズアレイ90は、透光板88と、レンズ群Rとにより構成される。 SiO_2 からなる透光板88は、スパッタ法に限らず、CVD(ケミカル・ベーパー・デポジション)法等により形成してもよい。

【0051】図21の工程では、マイクロレンズアレイ90を覆ってスパッタ法によりメッキ下地層92を形成する。メッキ下地層92としては、Ni-Fe合金層を形成することができる。そして、図22の工程では、メッキ下地層92の上に所望の突出部に対応する円筒孔94a, 94bを有するレジスト層94をホトリソグラフィ処理により形成する。

【0052】図23の工程では、レジスト層94をマスクとする選択的メッキ処理により例えばNi-Fe合金からなる突出部96a, 96bを形成する。そして、レジスト層94を灰化処理等により除去する。この結果、嵌合孔98a, 98bをそれぞれ有する突出部96a, 96bが得られる。

【0053】図24の工程では、マイクロレンズアレイ90において突出部形成面にイオンミリング処理を施してレンズ群Rを露呈させるようにメッキ下地層92を除

去すると共に突出部96a、96bの下にメッキ下地層92の部分92a、92bを残存させる。このとき、嵌合孔98a、98bの下にもメッキ下地層92の部分92a、92bが残るようにミリング角度等のミリング条件を設定することができる。

【0054】図25の工程では、犠牲層86をエッチング処理により除去してマイクロレンズアレイ90を基板80から分離する。この結果、マイクロレンズアレイ90としては、透光板88にレンズ群Rを設けると共に、透光板88上に嵌合孔98a、98bをそれぞれ有する突出部96a、96bをメッキ下地層92a、92bをそれぞれ介して設けたものが得られる。

【0055】図17~25に関して上記した製法によれば、図13~15に関して前述したようなマイクロレンズアレイを簡単且つ精度よく製作することができる。すなわち、上記した製法では、突出部形成処理等をウエハ状態で薄膜プロセスにより実行するので、製造歩留りが向上すると共にコスト低減を達成することができる。なお、図25の工程の前までの工程で1つの透光板に複数のアレイ90を形成した後、1つの透光板を複数のアレイ90に対応して分割し、図25の工程では基板80から複数のアレイ90を分離するようにしてもよい。

【0056】図26は、この発明の更に他の実施形態に係るマイクロレンズアレイ結合系を示すもので、図13、14、25と同様の部分には同様の符号を付して詳細な説明を省略する。

【0057】マイクロレンズアレイ90は、透光板88に凸レンズ $r_1 \sim r_4$ を形成したものである。透光板88には、凸レンズ $r_1 \sim r_4$ を形成した面とは反対側の面にメッキ下地層92a、92bをそれぞれ介して突出部96a、96bが形成され、突出部96a、96bにはそれぞれ嵌合孔98a、98bが設けられている。

【0058】光ファイバアレイ10の端面にマイクロレンズアレイ90を固定する際には、アレイ10の4本の光ファイバの端部と凸レンズ $r_1 \sim r_4$ とをそれぞれ対向させるようにしてガイドピン10a、10bを突出部96a、96bの嵌合孔98a、98bにそれぞれ嵌合させる。このような嵌合状態においてガイドピン10aと突出部96aとを半田層74aにより連結すると共に、ガイドピン10bと突出部96bとを半田層74bにより連結する。

【0059】次に、アレイ10の端面と透光板88との間に透光性の接着剤を充填して硬化させることにより接着層76によりアレイ10の端面にマイクロレンズアレイ90を接着する。半田層74a、74bに加えて接着層76により固定を行なうので、強固な固定が可能である。また、アレイ10の光ファイバコアの屈折率を n_{11} とし、透光板88の屈折率を n_{12} とし、接着層76の屈折率を n_{13} とすると、接着層76として n_{13} が n_{11} 及び n_{12} と一致又は近似したものをを用いること

でアレイ10とアレイ90との間の光結合効率を向上させることができる。

【0060】マイクロレンズアレイ90からは、図1に関して前述したようにコリメート光を取出すようにしてもよく、あるいは図14に関して前述したように光導波路等の光部品に対してアレイ90からの光を入射させるようにしてもよい。

【0061】次に、図27を参照して図26に示したマイクロレンズアレイの製法を説明する。図27において、図26と同様の部分には同様の符号を付して詳細な説明を省略する。

【0062】図17~20に関して前述したと同様にして基板80上に凸レンズ $r_1 \sim r_4$ を有する透光板88を形成した後、透光板88の凸レンズ形成面に石英又は金属からなる基板100を接着剤により接着する。基板100としては、剥離可能な樹脂基板を用いてもよい。

【0063】次に、図25に関して前述したように犠牲層86をエッチング処理により除去することにより基板80から透光板88を保持する基板100を分離する。そして、透光板88において凸レンズ形成面とは反対側の面に図21~24に関して前述したと同様にして嵌合孔98a、98bをそれぞれ有する突出部96a、96bをメッキ下地層92a、92bをそれぞれ介して形成する。

【0064】この後、接着剤を除去するなどして透光板88を基板100から分離する。この結果、図26に関して前述したと同様の構成を有するマイクロレンズアレイ90が得られる。図27に関して上記した製法によれば、図17~25に関して前述した製法と同様に製造歩留りの向上とコスト低減とを達成することができる。

【0065】この発明は、上記した実施形態に限定されるものではなく、種々の改変形態で実施可能なものである。例えば、図1~3に関して前述した実施形態においては、図13、14、26に関して前述したように透光板の一方の主面に設けた半田付け可能な突出部を用いて光ファイバアレイの端面にマイクロレンズアレイを固定するようにしてもよい。

【0066】

【発明の効果】以上のように、この発明によれば、光ファイバアレイの端面にマイクロレンズアレイを半田付けにより固定する構成にしたので、長期の信頼性を確保できる効果が得られる。

【0067】また、マイクロレンズアレイを基板から分離する前にウエハ状態において、マイクロレンズアレイの一方の主面の縁部に、半田下地層を有する段差部を形成したり、マイクロレンズアレイの一方の主面に、半田付け可能な突出部を形成したりするので、歩留りの向上及びコスト低減が可能になる効果も得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の一実施形態に係るマイクロレンズ

アレイ結合系を示す断面図である。

【図2】 図1の光ファイバアレイの端面図である。

【図3】 図1のマイクロレンズアレイの前面図である。

【図4】 この発明に係るマイクロレンズアレイの製法の一例におけるレジスト層形成工程を示す断面図である。

【図5】 図4の工程に続くレジストリフロー工程を示す断面図である。

【図6】 図5の工程に続くレンズ形成工程を示す断面図である。

【図7】 図6の工程に続くレジスト層形成工程を示す断面図である。

【図8】 図7の工程に続く分離溝形成工程を示す断面図である。

【図9】 図8の工程に続くメッキ下地層形成工程を示す断面図である。

【図10】 図9の工程に続くレジスト除去工程を示す断面図である。

【図11】 図10の工程に続くメッキ工程を示す断面図である。

【図12】 図11の工程に続くダイシング工程を示す断面図である。

【図13】 この発明の他の実施形態に係るマイクロレンズアレイ結合系の組立て前の状態を示す断面図である。

【図14】 図13のマイクロレンズアレイ結合系の組立て後の状態を示す断面図である。

【図15】 (A)はマイクロレンズアレイの前面図であり、(B)は光導波路の端面図である。

【図16】 図14のマイクロレンズアレイ結合系の動作を説明するための断面図である。

【図17】 この発明に係るマイクロレンズアレイの製法の一例におけるレジスト層形成工程を示す断面図である。

【図18】 図17の工程に続くレジストリフロー工程を示す断面図である。

【図19】 図18の工程に続く密着層形成工程及び犠牲層形成工程を示す断面図である。

【図20】 図19の工程に続くマイクロレンズアレイ形成工程を示す断面図である。

【図21】 図20の工程に続くメッキ下地層形成工程を示す断面図である。

【図22】 図21の工程に続くレジスト層形成工程を示す断面図である。

【図23】 図22の工程に続くメッキ工程及びレジスト除去工程を示す断面図である。

【図24】 図23の工程に続くイオンミリング工程を示す断面図である。

【図25】 図24の工程に続く分離工程を示す断面図である。

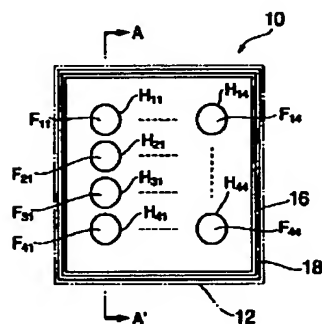
【図26】 この発明の更に他の実施形態に係るマイクロレンズアレイ結合系を示す断面図である。

【図27】 図26のマイクロレンズアレイの製法を説明するための断面図である。

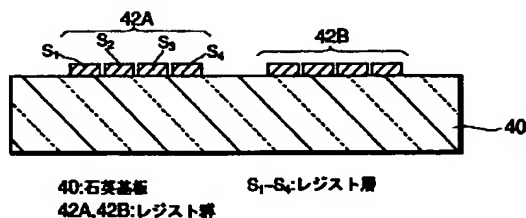
【符号の説明】

10：光ファイバアレイ、10a、10b：ガイドピン、11：ファイバテープ、14、24：段差部、16、26：密着層、18、28、52：半田下地層、20、56A、56B、60、90：マイクロレンズアレイ、22、62、88：透光板、30、74a、74b：半田層、40：石英基板、42A、42B、82：レジスト群、44、94：レジスト層、48：分離溝、50、92：メッキ下地層、64a、64b、96a、96b：突出部、68：光導波路、70、72：クラッド、76、78：接着層、80、100：基板、84：密着層、86：犠牲層、94a、94b：円筒孔、66a、66b、98a、98b：嵌合孔、H₁₁～H₄₄：保持孔、F₁₁～F₄₄、F：光ファイバ、L₁₁～L₄₄、L₁～L₄：平凸レンズ、S₁～S₄、S₁₁～S₁₄：レジスト層、La、Lb、R：レンズ群、R₁～R₄：凹レンズ、C₁～C₄：コア、r₁～r₄：凸レンズ。

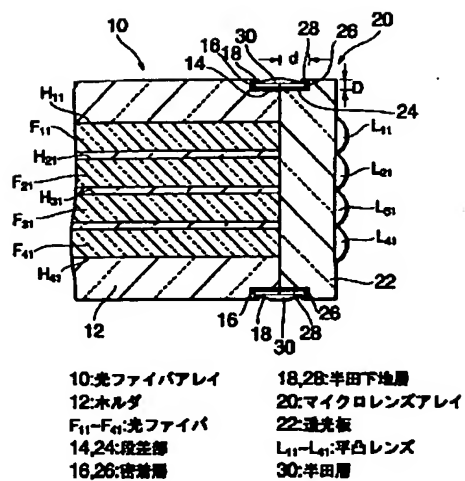
【図2】



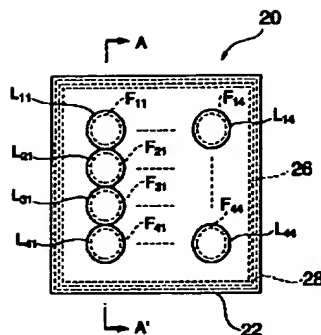
【図4】



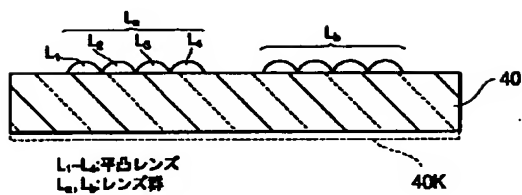
【図1】



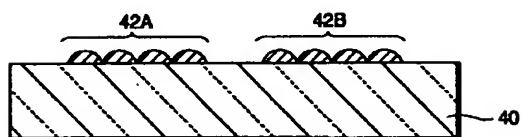
【図3】



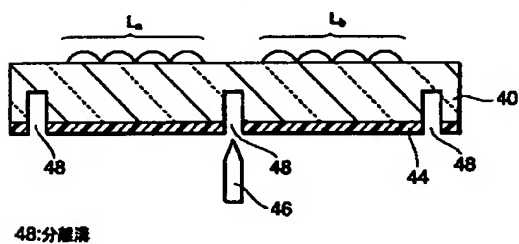
【図6】



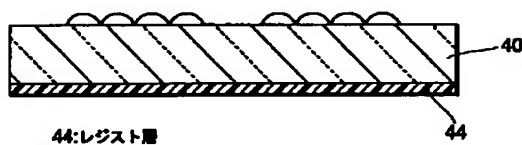
【図5】



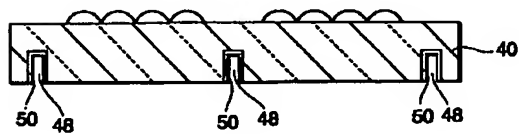
【図8】



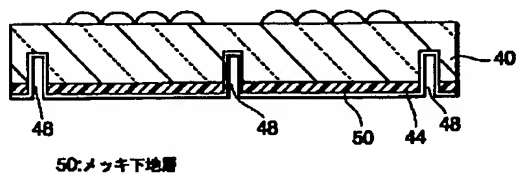
【図7】



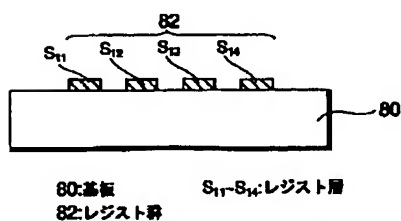
【図10】



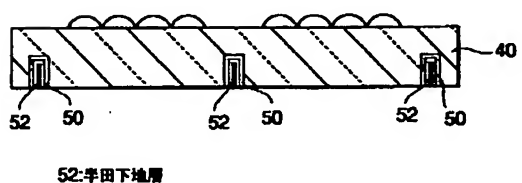
【図9】



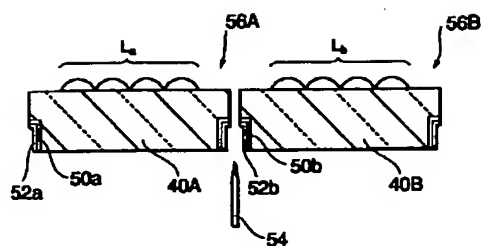
【図17】



【図11】

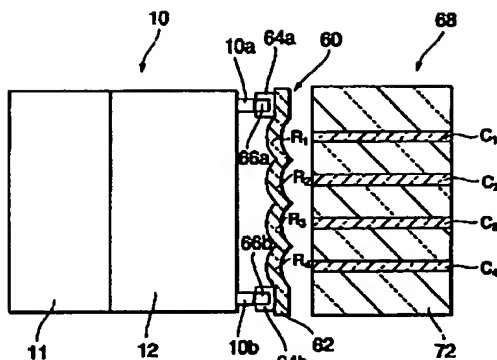


【図12】



56A, 56B: マイクロレンズアレイ

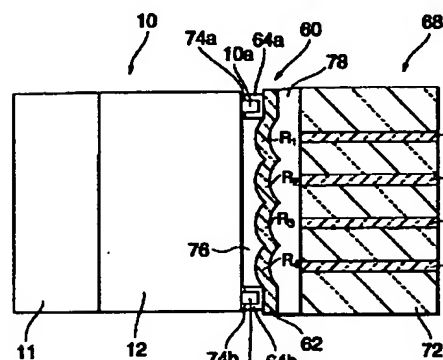
【図13】



10a, 10b: ガイドピン
11: ファイバケーブル
60: マイクロレンズアレイ
62: 透光板
R₁-R₄: 四レンズ

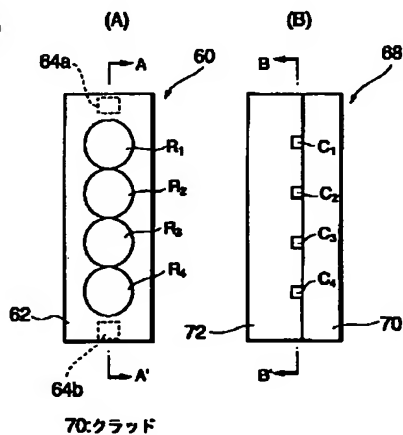
64a, 64b: 突出部
66a, 66b: 嵌合孔
68: 光導波路
72: クラッド
C₁-C₄: コア

【図14】

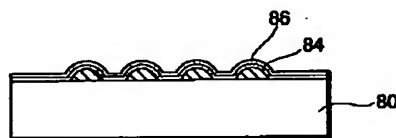


74a, 74b: 半田層
76, 78: 接着層

【図15】

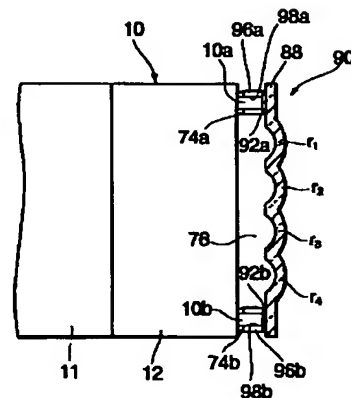


【図19】

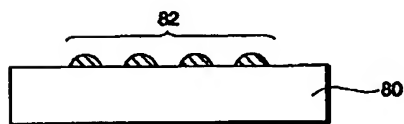


84: 密着層
86: 犠牲層

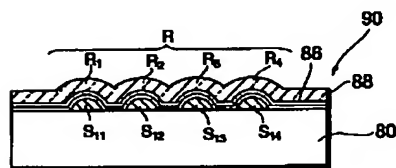
【図26】

r₁-r₄: 凸レンズ

【図18】

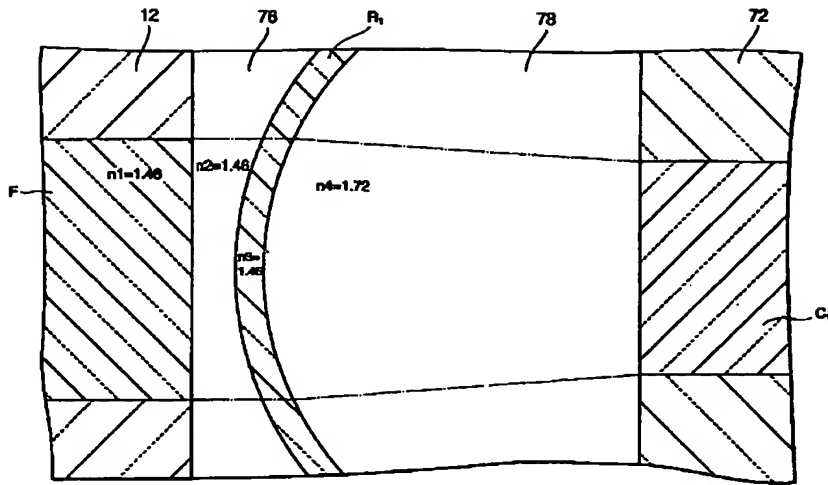


【図20】

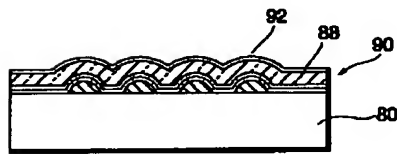


88: 透光板
90: マイクロレンズアレイ
R: レンズ群
R₁-R₄: 四レンズ

【図16】

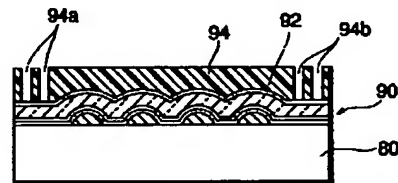


【図21】

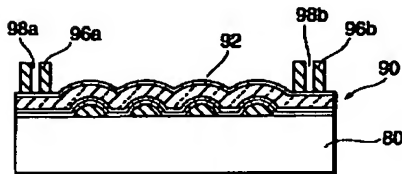


92:メッキ下地層

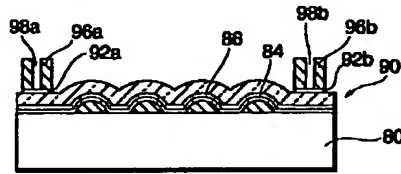
【図22】

94:レジスト膜
94a, 94b:内筒孔

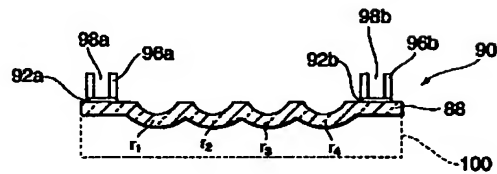
【図23】

96a, 96b:突出部
98a, 98b:嵌合孔

【図24】



【図27】



100:基板

【図25】

